

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 654 880

(21) N° d'enregistrement national : 89 15313

(51) Int Cl⁵ : H 03 K 17/04, 17/687; H 02 J 7/00

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 22.11.89.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société anonyme dite: SIEMENS
AUTOMOTIVE (S.A.) — FR.

(72) Inventeur(s) : Simon Marc, Raymond, George.

(43) Date de la mise à disposition du public de la
demande : 24.05.91 Bulletin 91/21.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

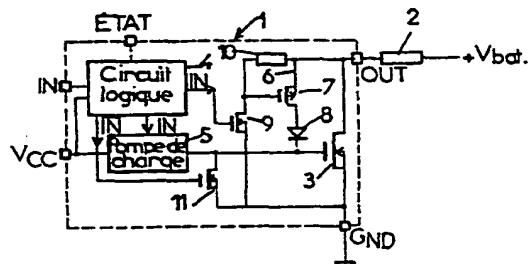
(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : Cabinet de Boisse.

(54) Circuit intégré de puissance «intelligent» du type MOS, pour la commande de l'alimentation d'une charge électrique.

(57) Le circuit comprend un transistor de puissance (3) dont la grille est alimentée sélectivement par une pompe de charge (5). Il est caractérisé par une branche de contre-réaction (6, 7, 8) permettant de connecter la grille du transistor (3) à une source de tension (+V_b), à la commande de mise en conduction du transistor (3). La source (+V_b) charge alors rapidement la capacité de grille du transistor (3) en accélérant ainsi sa mise en conduction, cette source étant ensuite relayée par la pompe de charge pour le maintien de la conduction du transistor 3.

Application à la commande d'un actionneur à charge inducive, par un circuit de puissance "intelligent" connecté au point "froid" de la charge.



La présente invention est relative à un circuit intégré de puissance "intelligent", du type MOS, conçu pour commander l'alimentation d'une charge électrique connectée d'une part au point "chaud" d'une source de tension et d'autre part à la masse à travers le circuit drain-source d'un transistor de puissance formant partie du circuit intégré.

En électronique automobile, notamment, on utilise aujourd'hui couramment des circuits de puissance "intelligents" (de l'anglais "smart power circuits") pour la commande de l'alimentation de diverses charges inductives présentes dans les dispositifs de commande d'allumage ou d'injection du moteur à combustion interne, de commande de moteurs d'essuie-glace ou de la mise en charge de la batterie du véhicule par un alternateur, de l'allumage des phares ou de feux de signalisation, etc... De tels circuits comprennent, intégrés dans une même puce, une partie logique à courant faible et un transistor de puissance servant à contrôler le courant dans la charge, le tout étant réalisé en technologie MOS. Les commutations du transistor de puissance sont commandées par des signaux élaborés soit à l'extérieur du circuit dans des calculateurs, par exemple, soit dans la partie logique du circuit intégré, en fonction par exemple de divers diagnostics opérés sur l'état du circuit de puissance,

tels que diagnostic de circuit ouvert, de commande permanente ou de présence d'un surcourant dans le transistor de puissance.

Dans tous les cas, il faut assurer une commutation 5 rapide, franche et sûre du transistor de puissance en appliquant sur sa grille une tension convenable. On a représenté à la figure 1 du dessin annexé le graphe de la résistance drain-source $R_{DS(on)}$ à l'état passant d'un tel transistor, en fonction de la tension grille-source du 10 transistor. On observe couramment pour un tel transistor une tension de transition V_t de l'ordre de quelques volts, 4 volts par exemple, en dessous de laquelle la résistance du circuit drain-source à l'état passant $R_{DS(on)}$ est très élevé, cette résistance ne tombant 15 à une valeur faible que si la tension V_t est nettement dépassée, soit par exemple pour une tension V_{ce} de l'ordre de 10 volts.

Or, un tel circuit intégré de puissance intelligent réalisé en technologie MOS est normalement alimenté par 20 une broche portée à une tension régulée V_{cc} de l'ordre de 5 volts. Pour obtenir les 10 volts nécessaires à la commutation du transistor de puissance, on a conçu des circuits du type doubleur de tension connus sous le nom de "pompes de charge", qui permettent d'élaborer les 10 25 volts nécessaires à partir de la tension V_{cc} .

Malheureusement, une pompe de charge présente une forte impédance de sortie et donc une constante de temps importante qui ralentit la montée de la tension grille-source nécessaire pour obtenir la mise en conduction 30 du transistor de puissance. Or, le temps T_{on} nécessaire à cette mise en conduction ne doit pas dépasser une valeur préterminée sous peine de perturbation dans le fonctionnement du circuit de puissance "intelligent".

Quand celui-ci est interposé entre la charge et le 35 point "chaud" d'une source d'alimentation électrique, soit la borne positive de la batterie en électronique automobile, on peut, suivant une solution connue, obtenir

une commutation rapide et sûre du transistor en connectant sa grille à la broche du circuit de puissance intelligent qui est connecté à ce point chaud. La batterie délivrant une tension nominale de 12 ou 24 volts, on doit 5 normalement obtenir rapidement la commutation du transistor à l'état passant.

Cette solution n'est cependant pas pratiquable avec un circuit du type de celui qui fait l'objet de la présente invention, pour lequel le circuit drain-source du 10 transistor de puissance est interposé entre la charge et la masse, c'est-à-dire au point "froid" de la batterie. Un tel circuit intégré de puissance "intelligent" ne comporte aucune broche connectée à la borne positive de la batterie et susceptible de délivrer la tension nécessaire.

La présente invention a donc pour but de réaliser un circuit intégré de puissance "intelligent" du type MOS, conçu pour commander l'alimentation d'une charge électrique par l'intermédiaire du circuit drain-source d'un transistor de puissance formant partie du circuit 20 intégré et interposé entre la charge et une masse, ce circuit étant conçu pour assurer une commutation rapide à l'état passant du transistor de puissance.

La présente invention a aussi pour but de réaliser un tel circuit conçu de manière à diminuer la dissipation 25 d'énergie électrique lors de la mise en conduction du transistor de puissance.

On atteint ces buts de l'invention, ainsi que d'autres qui apparaîtront dans la suite de la présente description, avec un circuit intégré de puissance 30 "intelligent" du type MOS, conçu pour commander l'alimentation d'une charge électrique connectée d'une part à une source de tension et d'autre part à une masse par l'intermédiaire du circuit drain-source d'un transistor de puissance formant partie du circuit intégré 35 et dont la grille est connectée à une pompe de charge prévue dans ce circuit, ce dernier étant remarquable en ce qu'il comprend une branche de contre-réaction connectée

entre le drain et la grille du transistor de puissance et un organe de commutation placé dans cette branche pour connecter sélectivement la grille du transistor de puissance à la source de tension, à travers la charge,
5 lors de l'émission d'un signal de commande de la mise en conduction du transistor de puissance, la source chargeant alors rapidement la grille du transistor de puissance jusqu'au moment où le transistor de puissance conduit, la pompe de charge relayant alors la branche de contre-
10 réaction pour maintenir la charge de grille du transistor de puissance au niveau requis pour assurer la conduction de celui-ci.

Suivant un mode de réalisation de l'invention, l'organe de commutation est constitué par un transistor auxiliaire dont le circuit drain-source est placé dans la branche de contre-réaction, la mise en conduction de ce transistor auxiliaire étant commandée par le signal de commande de la mise en conduction du transistor de puissance.
15

20 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre et à l'examen du dessin annexé dans lequel :

- la figure 1 est un graphe représentant la résistance $R_{ds(on)}$ en fonction de la tension grille-source du transistor de puissance incorporé à un circuit de puissance intelligent, ce graphe ayant été discuté en préambule de la présente description,
- la figure 2 est un schéma utile à l'explication du principe sur lequel est basé la présente invention,
30
- la figure 3 est un schéma d'un mode de réalisation préféré du circuit suivant la présente invention, et
- la figure 4 représente des graphes qui mettent en évidence une diminution de la puissance dissipée pour assurer la commutation du transistor de puissance à l'état passant, diminution obtenue grâce au circuit selon la présente invention.
35

On se réfère au schéma de la figure 2 qui représente un circuit intégré de puissance "intelligent", du type MOS, conçu pour commander l'alimentation électrique d'une charge 2, par exemple d'une charge inductive, connectée
5 d'une part à une source de tension $+V_{bat}$ constituée, par exemple, par la borne positive d'une batterie de véhicule automobile et, d'autre part, à une broche OUT du circuit 1. Celui-ci comprend un transistor de puissance 3 du type NMOS à enrichissement, par exemple, dont le circuit drain-
10 source est connecté d'une part à la broche OUT et d'autre part à une broche de masse du circuit, référencée GND, cette masse étant par exemple constituée par le châssis du véhicule en électronique automobile. On remarquera dès à présent que, lorsque le transistor 3 est bloqué, son drain
15 se trouve au potentiel de la batterie $+V_{bat}$ du fait de l'absence de chute de tension dans la charge 2. Comme on le verra dans la suite, cette observation est à la base de la présente invention.

Le circuit 1 comprend encore, classiquement, une
20 partie de circuit logique 4 et une pompe de charge 5. Le circuit logique est connecté à une broche V_{cc} du circuit cette broche V_{cc} étant elle-même connectée à une source de tension régulée de 5 volts, non représentée et extérieure au circuit, comme il est classique en technologie MOS. Le
25 circuit comprend encore une broche référencée IN et une broche référencée ETAT. Le circuit 1 reçoit par la broche IN des signaux élaborés à l'extérieur du circuit par des calculateurs à microprocesseurs par exemple, pour commander la mise en conduction du transistor de puissance
30 3, ou le blocage de celui-ci, de manière à commander la mise en service ou hors service d'un actionneur dont fait partie la charge 2, celle-ci étant constituée par le bobinage d'un électroaimant ou d'une électrovanne, par exemple. Le circuit 1 peut communiquer aussi avec ces
35 calculateurs extérieurs par la broche ETAT qui sert par exemple à faire transiter vers les calculateurs des signaux de diagnostics élaborés par le circuit logique,

de tels signaux permettant de rendre compte de l'apparition d'un court-circuit de la charge, d'une commande permanente de cette charge, ou de la présence d'un surcourant dans le transistor de puissance, par 5 exemple.

Classiquement encore, la pompe de charge est connectée à la broche V_{cc} du circuit pour être ainsi alimentée par la source de tension régulée et développer, à l'application d'une commande de mise en conduction du 10 transistor de puissance 3, une tension doublée appliquée sur la grille de ce transistor pour déclencher sa mise en conduction. Comme on l'a vu plus haut en préambule, l'impédance de sortie et la constante de temps d'une pompe de charge classique sont telles que l'établissement par 15 cette pompe d'une tension de grille propre à provoquer la commutation du transistor de puissance 3 en est très ralenti.

Suivant la présente invention, on diminue considérablement le temps de commutation T_{on} à l'état 20 passant du transistor de puissance 3, en connectant la grille du transistor de puissance à son drain, au moment où le circuit 1 reçoit un signal IN de commutation du transistor de puissance à l'état passant, sur sa broche IN. A cet effet, le circuit comprend, entre le drain et la 25 grille du transistor de puissance 3, une branche de contre-réaction 6 incluant un organe auxiliaire de commutation 7 et une diode 8, montée passante du drain vers la grille. L'organe de commutation 7 peut être constitué par un transistor du type PMOS commandé par le 30 signal de commutation du transistor de puissance reçu sur la broche IN soit directement soit, comme représenté, à travers le circuit logique 4, pour connecter la grille du transistor de puissance au drain de ce transistor. A l'instant de la connexion, ce drain se trouve encore à la 35 tension $+V_{bat}$, le transistor de puissance étant bloqué et aucun courant ne passant alors dans la charge 2, comme on l'a fait observer plus haut.

La tension V_g sur la grille du transistor 3 est alors égale à :

$$V_g = + V_{bat} - V_d - V_{ds}$$

V_d et V_{ds} étant respectivement la chute de tension dans la diode 8 et le circuit drain-source du transistor 7, à l'établissement du courant de charge de la grille du transistor 3 à travers le transistor 7 et la diode 8.

La tension V_g est alors égale à la tension $+ V_{bat}$ diminuée de quelques fractions de volts pour tenir compte de la chute de tension dans la jonction de la diode 8 et dans le transistor 7. La tension $+V_{bat}$ étant égale par exemple à 12 volts ou à 24 volts, est largement suffisante pour provoquer la mise en conduction du transistor 3 et ceci sans retard du fait de la très faible impédance de sortie de la batterie qui fournit la tension $+ V_{bat}$. Bien sûr, la conduction du transistor de puissance 3 étant établie, le maintien de cette conduction ne peut plus être assurée par la branche 6 de contre-réaction du circuit 1 (le drain du transistor 3 étant alors à une tension voisine de celle de la masse) et c'est alors la pompe de charge 5, également activée par le signal IN transmis par l'intermédiaire du circuit logique, à la réception d'un signal de commutation de la broche IN du circuit, qui prend le relais pour maintenir la conduction du transistor de puissance 3 en saturant complètement sa grille, mais plus lentement. La diode 8 empêche alors la décharge de la capacité de grille du transistor de puissance 3 quand celui-ci est conducteur, c'est-à-dire dans le cas où sa tension de drain V_d est voisine de 0.

L'utilisation, suivant l'invention, de la branche de contre-réaction 6 procure deux avantages :

1. Elle permet de diminuer considérablement le temps de mise en conduction (T_{on}) du transistor de puissance 3. Des mesures ont permis de mettre en évidence une diminution de 300 % de T_{on} . Pour un T_{on} donné, l'invention permet corrélativement de diminuer considérablement la surface occupée par la pompe de charge sur le circuit

intégré. En effet, la présence de la branche de contre-réaction 6 permet d'utiliser dans la pompe de charge une capacité 4 à 5 fois plus petite (de l'ordre de 50pF par exemple) qu'en l'absence de cette branche.

5 2. Elle permet de diminuer la puissance dissipée par le transistor MOS de puissance lors de sa mise en conduction. A cet égard, les graphes A et B de la figure 4 représentent respectivement la puissance dissipée par la mise en conduction du transistor 3, avec un circuit intégré suivant l'invention et avec un circuit intégré qui ne comprend pas de branche de contre-réaction 6, respectivement. L'énergie dissipée étant proportionnelle à l'aire de la surface située sous chaque courbe entre l'instant t_0 de commande de la mise en conduction et 10 l'instant t_1 où cette conduction est complète, il apparaît clairement que l'invention permet d'obtenir une réduction considérable de la puissance dissipée. Des mesures comparatives ont montré qu'avec un circuit intégré de puissance intelligent dépourvu de la branche de contre-réaction 6, la dissipation était de l'ordre de 2,3 millijoules alors qu'avec un circuit équipé de cette broche de contre-réaction cette énergie tombe à 1,25 millijoule. Dans cet essai comparatif la tension délivrée par la batterie était, dans les deux cas, de 24 volts et 15 20 la résistance de la charge de 8 Ω .

25 On a représenté à la figure 3 un schéma d'un mode de réalisation préféré du circuit suivant l'invention, qui met en oeuvre le principe expliqué à l'aide de la figure 2. Sur les figures 2 et 3 des références numériques identiques repèrent des organes ou éléments identiques ou similaires. A la figure 3, l'organe de commutation 7 prend la forme d'un transistor PMOS à enrichissement auxiliaire dont le circuit drain-source est placé en série avec la diode 8, entre la broche OUT du circuit et la grille du transistor de puissance 3. Un autre transistor NMOS à enrichissement 9 commande la grille du transistor 7, le circuit drain-source du transistor 9 étant placé en série 30 35

avec une résistance de charge 10, entre la broche OUT du circuit et la broche de masse GND, le point commun à la résistance 10 et au transistor 9 étant connecté à la grille du transistor 7. La grille du transistor 9 est 5 elle-même commandée par le signal de commutation IN délivré sur la broche IN du circuit soit directement soit, comme représenté, à travers le circuit logique 4. Celui-ci délivre aussi sur une autre broche un signal complémenté \bar{IN} qui sert à commander la grille d'un transistor NMOS à 10 enrichissement 11 dont le circuit drain-source est connecté entre la grille du transistor de puissance 3 et la masse GND, de manière à bloquer alors le transistor de puissance 3.

Le fonctionnement du circuit de la figure 3 15 s'établit comme suit : à la réception d'un signal IN sur la broche IN du circuit, visant à mettre en conduction le transistor de puissance 3, ce signal est transmis d'une part au transistor 9 et d'autre part à la pompe de charge par le circuit logique 4. La mise en conduction du 20 transistor 9 qui s'ensuit provoque celle du transistor 7 et le circuit drain-source de ce transistor charge alors rapidement la grille du transistor de puissance 3 à l'aide de la tension $+ V_{bat}$ disponible sur la broche OUT du circuit et délivrée par une batterie qui présente une 25 faible impédance de sortie. Il apparaît ainsi que l'invention fait un usage inattendu de cette tension, suffisante pour déclencher la mise en conduction du transistor de puissance mais qui n'est disponible que fugitivement pour charger la grille de ce transistor du 30 fait même de cette mise en conduction qui a pour effet de ramener la tension du drain du transistor 3 au voisinage de 0. La conduction du transistor 3 est ensuite maintenue par la pompe de charge alors que la diode 8 empêche la décharge de la grille dans le drain du transistor 3.

35 L'invention permet ainsi de pallier l'absence, sur le circuit suivant l'invention, d'une broche connectée directement au point chaud de l'alimentation de la charge,

c'est-à-dire à la borne positive de la batterie.

Lorsque le circuit selon l'invention reçoit, d'un calculateur extérieur, un signal \overline{IN} destiné à bloquer la conduction du transistor de puissance 3, ce signal \overline{IN} est
5 transmis soit directement, soit par l'intermédiaire du circuit logique, à la grille du transistor 11 qui est rendu alors conducteur pour mettre la grille du transistor de puissance 3 à la masse et provoquer ainsi son blocage. Il est clair que ce signal \overline{IN} pourrait aussi
10 être élaboré par le circuit logique lui-même en réponse à une détection, par ce circuit logique, d'une situation exigeant le blocage du transistor 3 pour des raisons de sécurité par exemple. Tel est le cas notamment lorsque le circuit logique détecte, par des moyens appropriés prévus
15 dans le circuit 1, le passage d'un surcourant dans le transistor 3, qui serait propre à détériorer ce transistor si le passage de ce courant se prolongeait.

Dans le circuit suivant l'invention, on remarque qu'un courant passe dans la charge 2 dès que le
20 transistor 7 est débloqué, même si le transistor de puissance 3 est encore bloqué. On peut tirer une application intéressante de ce phénomène dans le cas où la charge 2 est constituée, par exemple, par une ampoule à filament. Le courant passant initialement dans le
25 transistor 7 sert alors à préchauffer le filament pour diminuer ainsi le choc thermique dans ce filament dû à la mise en conduction du transistor de puissance 3. A ce titre, le circuit suivant l'invention peut permettre de prolonger la durée de vie de l'ampoule à filament.

30 Bien entendu, l'invention n'est pas limitée au mode de réalisation décrit et représenté, qui n'a été donné qu'à titre d'exemple. Ainsi, le signal IN (tout comme le signal \overline{IN}) de mise en conduction du transistor de puissance pourrait aussi être émis directement par le
35 circuit logique, en réponse à la détection par ce circuit d'une situation exigeant cette mise en conduction.

REVENDICATIONS

1. Circuit intégré de puissance "intelligent" de type MOS, conçu pour commander l'alimentation d'une charge électrique (2) connectée d'une part à une source de tension ($+V_{bat}$) et d'autre part à une masse par l'intermédiaire du circuit drain-source d'un transistor de puissance (3) formant partie du circuit intégré et dont la grille est connectée à une pompe de charge (5) prévue dans ce circuit, caractérisé en ce qu'il comprend une branche de contre-réaction (6) connectée entre le drain et la grille du transistor de puissance (3) et un organe de commutation (7) placé dans cette branche pour connecter sélectivement la grille du transistor de puissance (3) à la source de tension ($+V_{bat}$) à travers la charge (2) lors de l'émission d'un signal de commande de la mise en conduction du transistor de puissance (3), la source ($+V_{bat}$) chargeant alors rapidement la grille du transistor (3) jusqu'au moment où le transistor conduit, la pompe de charge relayant alors la branche de contre-réaction (6) pour maintenir la charge de grille du transistor de puissance (3) au niveau requis pour assurer la conduction de celui-ci.

2. Circuit conforme à la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe de commutation (7) est constitué par un transistor auxiliaire dont le circuit drain-source est placé dans la branche (6) de contre-réaction, la mise en conduction de ce transistor auxiliaire (7) étant commandée par un signal (IN) de mise en conduction du transistor de puissance.

30 3. Circuit conforme à la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend une diode (8) connectée dans la branche de contre-réaction (6) entre le transistor auxiliaire (7) et la grille du transistor (3) pour empêcher la décharge de la capacité de grille du 35 transistor de puissance (3) quand celui-ci est conducteur.

4. Circuit conforme à l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisée en ce qu'il comprend

un transistor de commande (9) de la grille du transistor auxiliaire (7), le circuit drain-source du transistor (9) étant connecté entre cette grille et la masse, une résistance de charge (10) étant connectée entre les drains 5 des transistors (7) et (9) et la grille du transistor (9) étant commandé par le signal (IN) de mise en conduction du transistor de puissance.

5. Circuit conforme à l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce qu'il comprend un 10 transistor (11) dont le circuit drain-source raccorde la grille du transistor de puissance (3) à la masse, la conduction du transistor (11) étant commandée par un signal (\bar{IN}) de mise en non-conduction du transistor de puissance.

15 6. Circuit conforme à la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit logique (4) muni de moyens d'élaboration de signaux (IN) et (\bar{IN}) et de moyens pour transmettre ces signaux aux transistors (9) et 20 (11), respectivement, de commande du transistor de puissance (3).

1 - 1

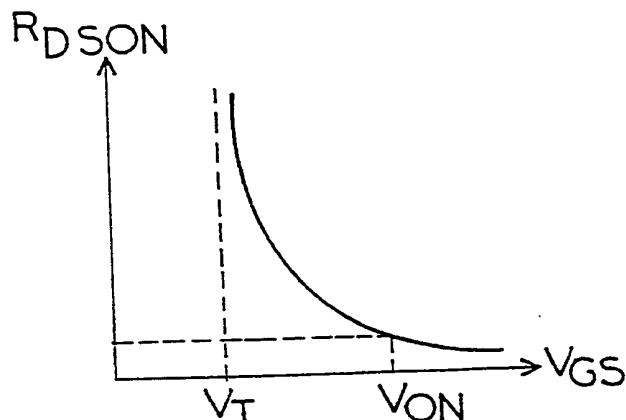


FIG.:1

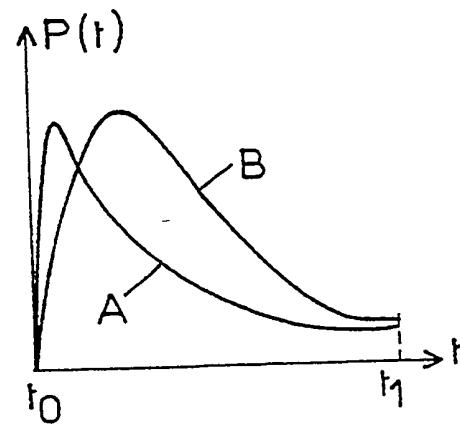


FIG.:4

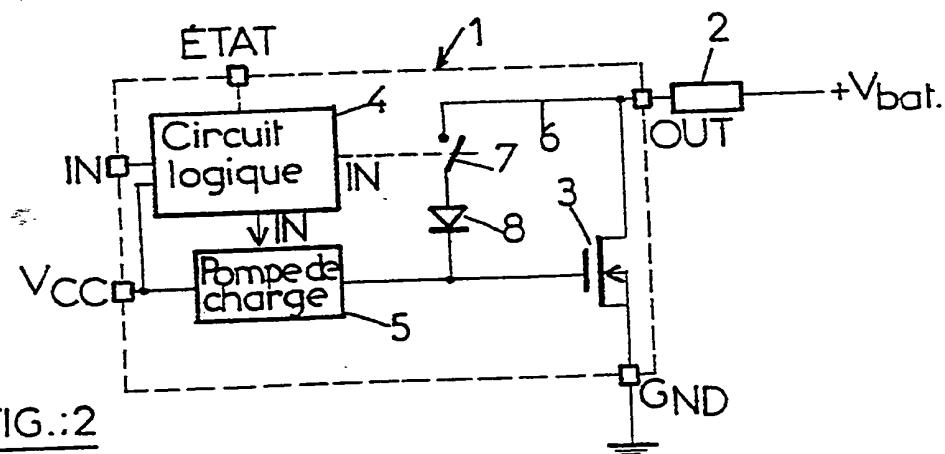


FIG.:2

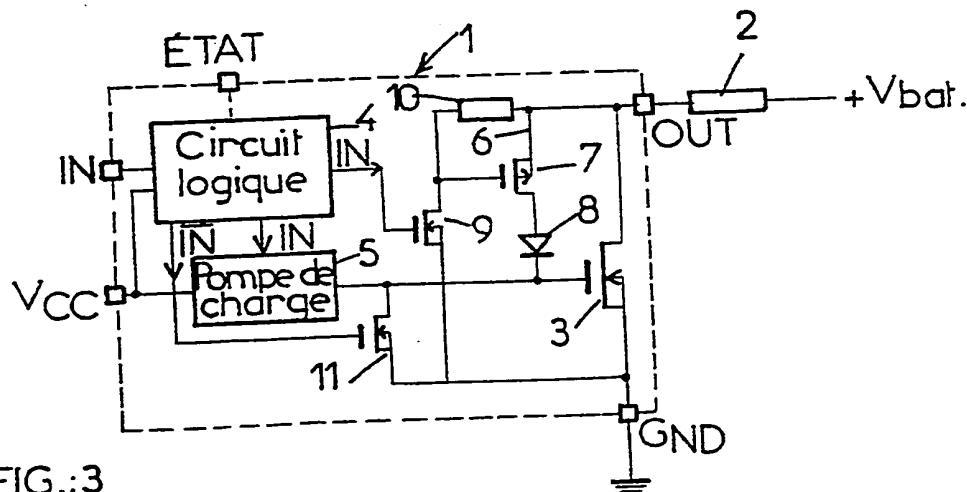


FIG.:3

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

2654880
N° d'enregistrement
national

FR 8915313
FA 435182

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	EP-A-0 328 465 (SCS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A.) * Colonne 2, ligne 54 - colonne 3, ligne 29; colonne 4, ligne 3 - colonne 5, ligne 8; figures 2,4,5 *	1
A	---	5,6
Y	NEW ELECTRONICS, vol. 18, no. 13, juin 1985, page 25, London, GB; G. PECKHAM: "CMOS driver for high threshold MOSFETS" * En entier *	1
A	EP-A-0 304 951 (SIEMENS A.G.) * Colonne 2, ligne 6 - colonne 3, ligne 30; figure 1 *	2,3
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CLS)
		H 03 K
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
17-07-1990		CANTARELLI R.J.H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		